



Received: 30/05/2024

Accepted: 15/06/2024

Anales de Edificación  
Vol. 10, N°2, 75-80 (2024)

ISSN: 2444-1309

DOI: 10.20868/ade.2024.5476

## Precisión del escáner LIDAR de dispositivos apple para toma de datos en edificación LIDAR scanner accuracy on apple devices for building data graving

Antonio Trujillo Talavera<sup>a</sup>, David Valverde Cantero<sup>b</sup>, Jesús González Arteaga<sup>b</sup>

<sup>a</sup> Profesional liberal, Cuenca, España

<sup>b</sup> Universidad de Castilla-La Mancha, Departamento de Ingeniería Civil y de la Edificación,

**Resumen**-- El uso de tecnología LiDAR para generar nubes de puntos en construcción está en aumento, pero los equipos profesionales son costosos y limitados a proyectos grandes. La incorporación de LiDAR en dispositivos comunes como iPhones y iPads Pro ofrece una alternativa asequible, aunque con prestaciones inferiores.

Este estudio compara tres métodos de toma de datos en entornos edificados: medición tradicional, escaneo con LiDAR profesional, y escaneo con dispositivos Apple (alcance de 5 m). Los resultados muestran que, aunque los dispositivos Apple son menos precisos, pueden generar nubes de puntos suficientemente útiles en proyectos pequeños o medianos, siempre complementadas con mediciones tradicionales.

Se concluye que los dispositivos Apple con LiDAR son una herramienta eficaz en entornos menos exigentes, proporcionando una opción práctica para levantamientos rápidos y económicos con precisión aceptable.

**Palabras clave**— Escáner; LiDAR; Nube de puntos; iPad Pro; iPhone Pro.

**Abstract**— The use of LiDAR technology to generate point clouds in construction is growing, but professional equipment is costly and limited to large projects. The integration of LiDAR in common devices like iPhones and iPads Pro offers an affordable alternative, albeit with lower performance.

This study compares three data collection methods in built environments: traditional measurement, scanning with professional LiDAR, and scanning with Apple devices (5 m range). Results indicate that while Apple devices are less accurate, they can produce sufficiently useful point clouds for small to medium projects, provided they are complemented with traditional measurements.

It concludes that Apple devices with LiDAR are an effective tool for less demanding settings, offering a practical solution for quick and economical surveys with acceptable accuracy.

**Index Terms**— Scanner; LiDAR; Point Cloud; iPad Pro; iPhone Pro.

### I. INTRODUCCIÓN

Dentro del ámbito de trabajo del profesional de la Arquitectura Técnica nos podemos encontrar con encargos como tasaciones, certificados de eficiencia energética, estudios para reformas o replanteos de obra en los que resulta crucial disponer de un levantamiento gráfico de la realidad existente como base para el trabajo a realizar.

De manera habitual se suele recurrir a unas lecturas

geométricas puntuales del objeto estudiado con medios manuales que se trasladan a un croquis explicativo mediante anotaciones manuscritas y que luego son traducidas mediante aplicaciones CAD. Este método, aún con el uso de distanciómetros láser o incluso personal de apoyo, resulta muy laborioso además de que, casi por definición, acaba resultando incompleto y poco preciso.

Así pues, podríamos definir nuestro perfil de usuario como un técnico, presumiblemente Aparejador, Arquitecto Técnico o Ingeniero de Edificación, que desarrolla su trabajo vinculado al

T. T. es Arquitecto técnico ejerciendo la profesion libre. D. V. C. y J. G. A. son profesores contratados doctores en la Universidad de Castilla la Mancha, en el

departamento de Ingeniería civil y de la edificación.

sector de la edificación y construcción, que en la mayoría de los casos lo hace de manera individual y que necesita unas herramientas y metodologías que le permitan realizar levantamientos gráficos fiables de la manera más ágil posible y con un determinado nivel de precisión.

La introducción de las nubes de puntos y la tecnología LiDAR (Light Detection and Ranging) en el campo del levantamiento arquitectónico representa un hito tecnológico que ha transformado la forma en que los profesionales capturan y analizan datos espaciales complejos. Estas tecnologías han permitido una precisión, velocidad y nivel de detalle sin precedentes en los levantamientos gráficos.

Las nubes de puntos son conjuntos de datos generados a partir de escaneos 3D en los que se representan objetos reales en base a puntos con, fundamentalmente, coordenadas tridimensionales lo que permite la creación de modelos digitales extremadamente detallados de acuerdo con la densidad de escaneo. Los equipos de escaneo dotados con la tecnología de teledetección LiDAR utilizan un pulso láser para medir distancias y poder ubicar en el espacio los puntos escaneados (Prمود and Akshay, 2022).

Así podríamos completar el objeto de la presente comunicación como el estudio de distintas herramientas de captura de nubes de puntos basados en la tecnología LiDAR para el levantamiento gráfico arquitectónico a partir de unos escenarios tipo de manera que se pueda definir su ámbito óptimo de uso.

## II. DESARROLLO/METODOLOGÍA

Para estudiar la precisión del escáner LiDAR que incorpora la gama PRO de los dispositivos Apple (Apple Inc, 2024) se ha realizado una comparación con dos equipos de escaneo profesional de los de gama más baja para que la diferencia de prestaciones estuviera más compensada, como son el escáner Leica BLK360 (1ª generación) (Leica Geosystems, 2024) y el GeoSlam ZEB HORIZON (Geo Slam, 2024). En el primer caso, se trata de un escáner de posición fija y que hay que ir

estacionando en diferentes puntos para abarcar todo el escenario de estudio; el segundo escáner es de tipo móvil que va escaneando el escenario mientras un operario se desplaza caminando. En la Tabla 1 se describen sus principales características de cada equipo, en comparación con el equipo a evaluar, que ha sido un iPad Pro (versión 2022 10ª generación). Podemos observar los equipos utilizados en la Fig. 1.

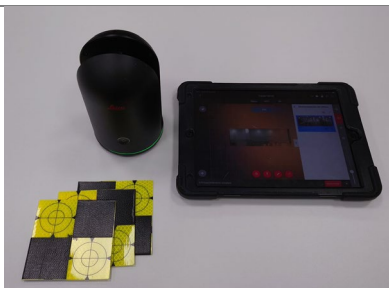
Se han elegido 3 diferentes escenarios a modo de campo de pruebas donde poder comparar los 3 equipos y que fuesen ejemplos de aplicación de una toma de datos. Podemos ver los escenarios en la Fig. 2.

- **Escenario 1:** aula del Instituto de Tecnología, Construcción y Telecomunicaciones del campus de Cuenca de la Universidad de Castilla-La Mancha. Se trata de una estancia interior de grandes dimensiones y con distribución ortogonal y sin desniveles que permita determinar la precisión de escaneo en superficies planas longitudinales.
- **Escenario 2:** Pequeño edificio comercial en el campus de Cuenca de la Universidad de Castilla-La Mancha. Se trata de una pequeña edificación exenta y exterior, con desniveles y formas irregulares que permita determinar la precisión de escaneos en exteriores y realizando el escaneo de una edificación completa
- **Escenario 3:** Local comercial de pequeñas dimensiones en el centro de Cuenca. Se trata de un local formado por dos estancias, muy irregulares, con desniveles y desplomes que permita determinar la precisión de escaneo es escenarios irregulares, con poca iluminación.

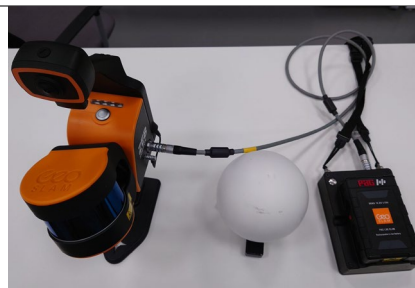
En cada uno de los escenarios se anotaron los tiempos de trabajo (preparación de equipo, escaneado y volcado de datos) y se dispusieron dianas de precisión tomando los valores de distancia entre dianas mediante distanciómetro láser Leica Disto s910, tomando 2 distancias en horizontal y 1 en vertical, considerando una precisión de mm. El resultado en cada uno de los escaneados ha sido un único archivo en formato de nube de puntos E57 (.e57).

TABLA I  
COMPARATIVA DE PRINCIPALES CARACTERÍSTICAS DE EQUIPOS UTILIZADOS EN EL ESTUDIO

	Equipo 1	Equipo 2	Equipo 3
<b>Tipo</b>	Escáner profesional estático	Escáner profesional móvil	Tablet con sensor LiDAR no profesional
<b>Marca / Modelo</b>	LEICA BLK360 (G1)	GEOSLAM ZEB HORIZON	APPLE IPAD PRO (10ª)
<b>Alcance máximo</b>	60,00 m	100,00 m	5,00 m
<b>Puntos/seg</b>	680.000	300.000	1.152
<b>Precisión relativa</b>	4 mm a 10 m de distancia	hasta 6 mm	Sin determinar



(a)



(b)



(c)

Fig. 1 Equipos utilizados: (a) Leica BLK360 (G1). (b) GeoSlam ZEB HORIZON. (c) Apple Ipad Pro (10ª)

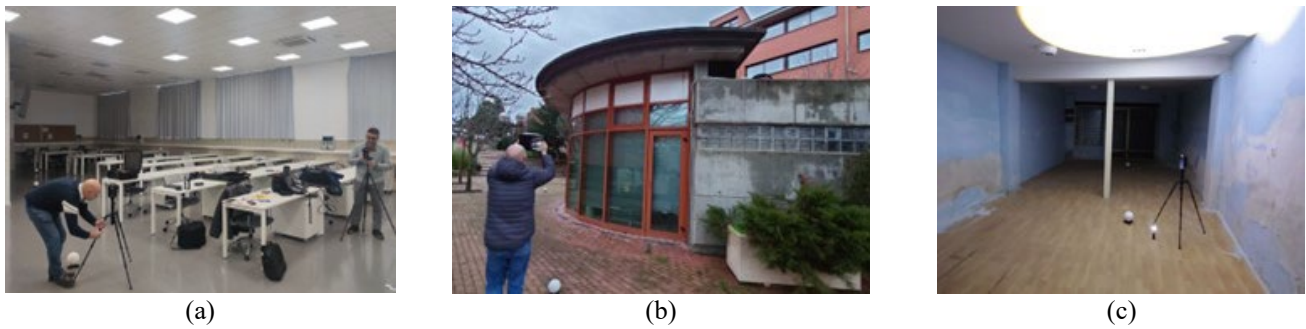


Fig. 2. Escenarios de pruebas: (a) Escenario 1: Aula ITCT UCLM. (b) Escenario 2: Edificación campus Cuenca. (c) Escenario 3: Local en el centro de la ciudad de Cuenca.

El equipo Apple utilizado, iPad Pro, al no tratarse de un equipo profesional de escaneo requiere de la instalación de software o apps de terceros para la utilización del sensor LiDAR que incorpora. Se ha optado por la aplicación 3D Scanner App de Laan Labs (Laan Labs, 2024), gratuita y sin necesidad de registro previo.

Para el procesado de los datos y comparación de las nubes obtenidas con cada equipo se ha utilizado el software CloudCompare (v2) (CloudCompare, 2024), software de uso libre con licencia GNU GPL (General Public Licence).

III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los escaneados en cada escenario se realizaron el mismo día y de forma continua con cada equipo para tener las mismas condiciones ambientales. Para cada equipo se tomó el modo estándar de medición que viene configurado en cuanto a densidad de nube de puntos.

A. Resultados de escaneados en Escenario 1.

La elección de este escenario se tomó para evaluar el comportamiento del equipo 3 (iPad Pro) en circunstancias donde los paramentos a escanear están situados a una distancia que excede de su alcance limitado a 5 m.

En este escenario se aprecia la rapidez de trabajo del equipo 3, sobre todo respecto al equipo 1 para el que fueron necesarios 2 estacionamientos para poder escanear toda la estancia, como observamos en la Tabla 2.

Analizando las mediciones sobre las dianas colocadas observamos en la Tabla 3 como el equipo 3 es el que más error tiene, siendo de 6 cm en distancias horizontales y 3 cm en la distancia vertical. Con los equipos 1 y 2 obtenemos nubes casi exactas, cuya principal diferencia es la dispersión de puntos que se obtiene en los paramentos con el equipo 2 y que puede llevar a errores de medición a la hora de tomar los puntos, como en este caso de 1 cm. Se observa en la Fig. 4 la ubicación de los puntos de control para tomar 3 distancias, 2 en horizontal y 1 en vertical.

TABLA II  
 TIEMPOS DE TRABAJO PARA ESCENARIO 1

	Equipo 1 (BLK360)		Equipo 2 (GEOSLAM)		Equipo 3 (IPADPRO)	
	Medición	Observ.	Medición	Observ.	Medición	Observ.
<b>T. Prep. equipo</b>	0:02:45		0:02:07		0:00:35	
<b>T. Proceso medición</b>	0:06:42	2 estaciones	0:01:03		0:02:54	
<b>T. Tratamiento de datos</b>	0:04:33	Formato e57 c	0:03:00	Formato e57	0:01:08	Formato e57 c

TABLA III  
 RESULTADOS DE MEDICIONES EN ESCENARIO 1

	Medida de Referencia(m)	Equipo 1 (BLK360)		Equipo 2 (GEOSLAM)		Equipo 3 (IPADPRO)	
		Medición	Diferencia	Medición	Diferencia	Medición	Diferencia
<b>Dist. 1</b>	18,28	18,,28	0,00	18,29	+ 0,01	18,22	-0,06
<b>Dist. 2</b>	11,69	11,68	-0,01	11,67	- 0,01	11,62	-0,06
<b>Dist.3</b>	3,91	3,91	0,00	3,91	0,00	3,88	- 0,03

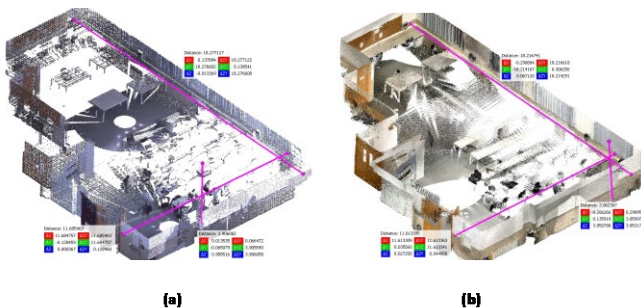


Fig. 3. Resultados de mediciones de control en escenario 1: (a) Mediciones en nube generada con equipo 1 (BLK360). (b) Mediciones en nube generada con equipo 3 (Ipad).

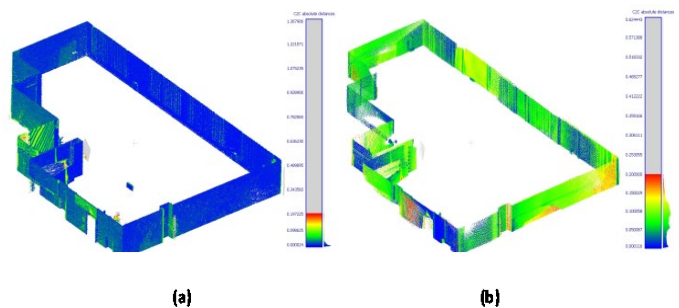


Fig. 4. Resultados comparación de nubes en escenario 1, con referencia la nube obtenida con el equipo 1 (BLK360): (a) Comparación con nube de equipo 2 (GeoSlam). (b) Comparación con nube de equipo 3 (Ipad).

TABLA IV  
TIEMPOS DE TRABAJO PARA ESCENARIO 2

	Equipo 1 (BLK360)		Equipo 2 (GEOSLAM)		Equipo 3 (IPADPRO)	
	Medición	Observ.	Medición	Observ.	Medición	Observ.
<b>T. Prep. equipo</b>	0:02:45		0:02:07		0:00:35	
<b>T. Proceso medición</b>	0:17:20	4 estaciones	0:01:27		0:02:40	
<b>T. Tratamiento de datos</b>	0:07:23	Formato e57 c	0:03:00	Formato e57	0:01:45	Formato e57 c

TABLA III  
RESULTADOS DE MEDICIONES EN ESCENARIO 2

	Medida de Referencia(m)	Equipo 1 (BLK360)		Equipo 2 (GEOSLAM)		Equipo 3 (IPADPRO)	
		Medición	Diferencia	Medición	Diferencia	Medición	Diferencia
<b>Dist. 1</b>	5,05	5,05	0,00	5,03	- 0,02	5,03	- 0,02
<b>Dist. 2</b>	5,74	5,74	0,00	5,71	- 0,03	5,72	- 0,02
<b>Dist.3</b>	3,68	3,67	- 0,01	3,68	0,00	3,65	- 0,02

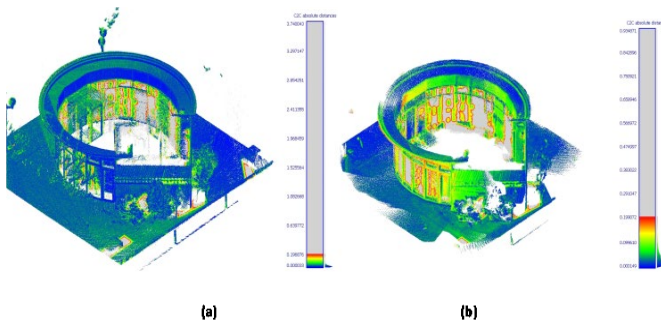


Fig. 5. Resultados comparación de nubes en escenario 2, referenciadas a la nube del equipo 1 (BLK360): (a) Comparación con nube de equipo 2 (GeoSlam). (b) Comparación con nube de equipo 3 (Ipad).

Se ha realizado una comparación de las nubes obtenidas con la herramienta “cloud-to-cloud distance” del programa CloudCompare. Tomando de referencia la nube obtenida con el equipo 1, por ser la de mayor precisión y densidad, se han comparado con las obras 2 nubes obteniendo los resultados que vemos en la Fig. 3 y la Tabla 8.

En esta comparación se han omitido aquellos puntos cuya distancia difiere más de 0,20 m (parte gris de la barra gráfica vertical de la Fig. 3). Mientras que en el escaneado con el equipo 2 el 73% de los puntos difieren menos de 2 cm respecto a la nube de referencia, con el escaneado con el equipo 3 esta cifra apenas supera el 11%. Se puede ver en la Fig. 3a la uniformidad de las diferencias, próximas al 0 (color azul oscuro), mientras que en la Fig. 3b correspondiente al equipo 3 las diferencias son muy dispares, lo que nos indica que en esta nube los puntos de la nube no siguen una línea recta uniforme.

**B. Resultados de escaneados en Escenario 2.**

Este escenario se ha escogido por la necesidad de realizar un desplazamiento alrededor de una edificación, con desniveles, resaltos y elementos en vuelo, y que condiciona el equipo estático (equipo 1) a realizar varios estacionamientos. Precisamente este hecho es el que provoca una gran diferencia de tiempo de trabajo del equipo 1 respecto a los otros 2 equipos, como vemos en la Tabla 4.

Analizando las mediciones sobre las dianas colocadas observamos en la Tabla 5 como el equipo 2 y el equipo 3 tienen errores similares en las distancias verticales, en torno a 2-3 cm.

Al comparar las nubes obtenidas los resultados presentan un mayor acercamiento a la nube de referencia que en el escenario 1. En la Fig. 5 se observa una mayor uniformidad de color en

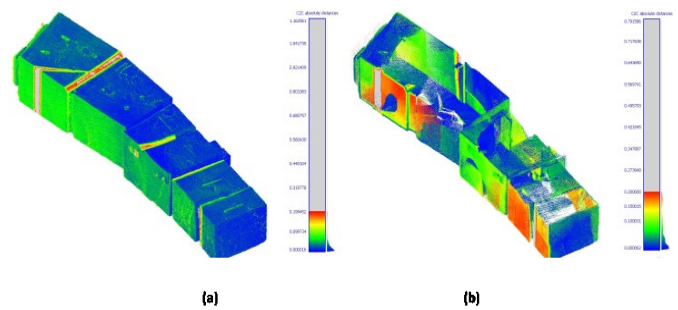


Fig. 6. Resultados comparación de nubes en escenario 3, referenciadas a la nube obtenida con el equipo 1 (BLK360): (a) Comparación con nube de equipo 2 (GeoSlam). (b) Comparación con nube de equipo 3 (Ipad).

ambas nubes. Para este escenario con el equipo 2 el porcentaje de puntos que difieren menos de 2 cm. de la nube de referencia baja al 67%, mientras que con el equipo 1 sube hasta casi el 30%.

**C. Resultados de escaneados en Escenario 3.**

Este escenario nos permite evaluar el comportamiento del equipo 3 en estancias con paramentos irregulares y con varias estancias que obligan a atravesar huecos de paso.

De nuevo la mayor diferencia de tiempo de trabajo es respecto al equipo 1 por la necesidad de hacer varios estacionamientos para escanear todo el local, como vemos en la Tabla 6. También son similares los resultados de precisión de los equipos 2 y 3, como podemos ver en la Tabla 7, en torno a 2-4 cm.

Respecto a la comparación de las nubes que vemos en la Fig. 6 obtenemos con el equipo 3 un porcentaje de puntos a una distancia menos de 2 cm que supera el 30%, aunque se observa como en algunos paramentos la diferencia es mayor (zonas color rojo de Fig. 6b). Al observar la superposición en planta de la nube de referencia y la obtenida con el equipo 3 se observa como al ajustar una de las estancias, la otra sufre un pequeño giro.

Una vez evaluada la información y los recursos que se han presentado en el apartado 2, podemos plantear diferentes medidas preventivas para episodios de altas temperaturas, en función de los riesgos asociados a esta problemática y su implementación en ESS o EBSS.

Se recomienda que las siguientes directrices se apliquen en las fases y períodos que proponemos a continuación:

TABLA IV  
TIEMPOS DE TRABAJO PARA ESCENARIO 3

	Equipo 1 (BLK360)		Equipo 2 (GEOSLAM)		Equipo 3 (IPADPRO)	
	Medición	Observ.	Medición	Observ.	Medición	Observ.
<b>T. Prep. equipo</b>	0:02:45		0:02:07		0:00:35	
<b>T. Proceso medición</b>	0:06:07	2 estaciones	0:00:46		0:01:27	
<b>T. Tratamiento de datos</b>	0:03:30	Formato e57 c	0:03:00	Formato e57	0:01:12	Formato e57 c

TABLA III  
RESULTADOS DE MEDICIONES EN ESCENARIO 3

	Medida de Referencia(m)	Equipo 1 (BLK360)		Equipo 2 (GEOSLAM)		Equipo 3 (IPADPRO)	
		Medición	Diferencia	Medición	Diferencia	Medición	Diferencia
<b>Dist. 1</b>	8,85	8,85	0,00	8,85	0,00	8,85	0,00
<b>Dist. 2</b>	9,81	9,84	+ 0,03	9,85	+ 0,04	9,78	-0,03
<b>Dist.3</b>	2,72	2,71	- 0,01	2,71	- 0,01	9,70	- 0,02

D. Observaciones generales

En cuanto a tiempos de trabajo es con el equipo 3 donde se consigue la mayor rapidez de ejecución, con diferencias poco significativas con el equipo 2 (del orden de 2-3 minutos) y muy significativas con el equipo 1, condicionado por la necesidad de varios estacionamientos.

En cuanto a precisión de medición de las distancias esta viene condicionada principalmente por la dispersión de puntos que se obtienen al escanear una superficie. En la Fig. 7 podemos ver una comparativa de la nube obtenida al escanear una porción de pared similar con cada equipo. Mientras que con el equipo 1 se obtiene una línea uniforme del orden de 4 mm de grosor, con los equipos 2 y 3 se obtiene una nube dispersa de unos 3 cm de grosor.

Al comparar las nubes obtenidas con el equipo 3 con la de referencia del equipo 1 observamos en los datos de la Tabla 8 como conforme se reducen las dimensiones del espacio escaneado aumenta la precisión obtenida, computada por el porcentaje de puntos donde la distancia entre nubes es menor de 5 o de 2 cm.

Esta precisión del equipo 3 también lo condicionan los desplazamientos y movimientos, como por ejemplo al tener que atravesar puertas, que deforman la estancia escaneada.

IV. CONCLUSIONES

El uso de los dispositivos de la gama Pro de Apple dotados de sensor LiDAR es una alternativa más que solvente (Valverde-Cantero y González-Arteaga, 2022) frente a los equipos de escáner láser profesionales para la toma de datos siempre y cuando las referencias de trabajo no disten más de 5 m, a los que tiene limitado su alcance.

Conforme aumenta la superficie del escenario a escanear aumenta el error en medición de distancias y deformación de la nube obtenida. Otro error observado en el estudio es el giro que

se produce en parte de la nube resultante al pasar por huecos o realizar giros continuos.

Para minimizar estos errores se requiere de una planificación previa del escaneo a realizar para evitar en lo posible los giros, especialmente los bruscos, la división del escaneo en varias nubes con suficiente superficie de solape y el uso de dianas de referencia para su posterior montaje. Para poder utilizar estos escaneos, manteniendo dentro de lo admisible estos errores, es necesario complementarlos con una toma de datos tradicional donde se recojan distancias de referencia y que pueda servir para verificar y corregir los posibles errores de la nube obtenida.

En cualquier caso, el resultado del empleo de estos equipos sería más preciso y rico que el obtenido de la toma de datos de manera tradicional, además resultando especialmente indicado en aquellas situaciones donde el uso de un escáner profesional no compensa por coste y/o tiempo de trabajo de escaneado.

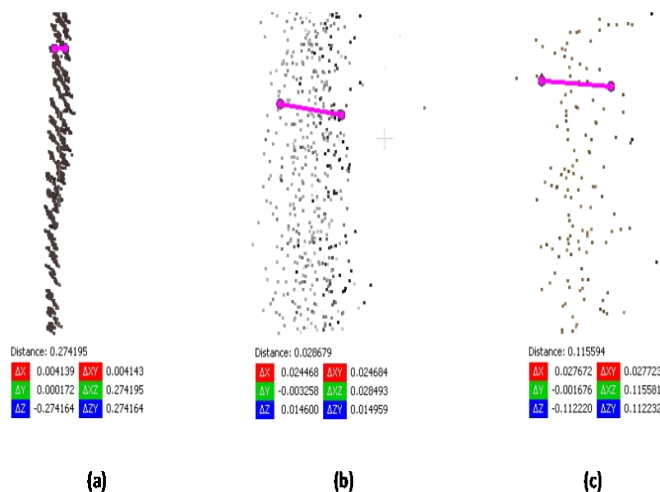


Fig. 7. Comparación de grosor y densidad de elemento vertical con diferentes equipos: (a) Con equipo 1 (BLK360): ΔX=4,14mm. (b) Con equipo 2 (GeoSlam)): ΔX=24,47mm. (c) Con equipo 3 (Ipad)): ΔX=27,67mm.

TABLA I  
COMPARATIVA DE PRINCIPALES CARACTERÍSTICAS DE EQUIPOS UTILIZADOS EN EL ESTUDIO

	Equipo 2 (GEOSLAM)			Equipo 3 (IPADPRO)		
	% >0,20 M	% <0,05 m	% <0,02 m	% >0,20 m	% <0,05 m	% <0,02 m
<b>Escenario 1</b>	2,16 %	93,94 %	73,16 %	1,54 %	25,20 %	11,04 %
<b>Escenario 2</b>	3,46 %	99,78 %	67,24 %	7,88 %	60,48 %	29,77 %
<b>Escenario 3</b>	0,98 %	91,55 %	58,86 %	1,78 %	57,92 %	32,45 %

Fig. 1 Comparación de grosor y densidad de elemento vertical con diferentes equipos: (a) Con equipo 1 (BLK360): ΔX=4,14mm. (b) Con equipo 2 (GeoSlam)): ΔX=24,47mm. (c) Con equipo 3 (Ipad)): ΔX=27,67mm.

## REFERENCIAS

- Apple Inc. (2024, Enero). *iPad PRO*.  
<https://www.apple.com/es/ipad-pro/>
- CloudCompare. (2024, Enero). *CloudCompare*.  
<https://www.cloudcompare.org/presentation.html>
- Geo Slam. (2024, Enero). *Geo Slam Zeb Horizon*.  
<https://geoslam.com/solutions/zeb-horizon/>
- Laan Labs. (2024, Enero). *3d Scanner App*.  
<https://apps.apple.com/es/app/3d-scanner-app/id1419913995?platform=ipad>
- Leica Geosystems. (2024, Enero). *Leica BLK360*.  
<https://shop.leica-geosystems.com/es-ES/leica-blk>
- Pramod, K. and Akshay, C. (2022). LIDAR Technology. *International Journal for Research in Applied Science and Engineering Technology*, 10(5), 2976–2982.  
<https://doi.org/10.22214/ijraset.2022.43007>
- Valverde-Cantero, D. y González-Arteaga, J. (2022, Noviembre). *Utilización de dispositivos electrónicos de consumo para el levantamiento gráfico de edificios existentes*, [Comunicación]. Building and Management International Conference BIMIC 2022, Madrid.



**Reconocimiento – NoComercial (by-nc):** Se permite la generación de obras derivadas siempre que no se haga un uso comercial. Tampoco se puede utilizar la obra original con finalidades comerciales.